

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl<sup>7</sup>

H04J 14/02

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99122471.X

[43]公开日 2000 年 11 月 15 日

[11]公开号 CN 1273471A

[22]申请日 1999.9.30 [21]申请号 99122471.X

[30]优先权

[32]1999.5.11 [33]KR [31]16784/1999

[71]申请人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

[72]发明人 翰东均 金贤洙

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

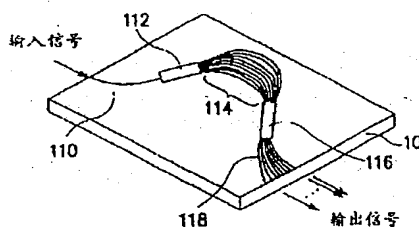
代理人 张志醒

权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图页数 7 页

[54]发明名称 具有平坦的光谱响应的低损耗的阵列式波导多路解复器

[57]摘要

一种可显示平坦的光谱响应特性且使插入损耗减到最小的光波长多路复用器/多路解复器,包括一个用于分解来自输入光波导的输入光信号的功率的第一条形波导,一个用于以相邻的波导中的光信号具有恒定相位差的方式传导来自第一条形波导的光信号的阵列式波导光栅,一个根据波长而将来自阵列式波导光栅的光信号集中至聚焦位置的第二条形波导,和一个插在第二条形波导和输出波导之间锥形波导,用于获取平坦的光谱响应且使插入损耗减到最小。



ISSN 1008-4274

知识产权出版社出版

## 权 利 要 求 书

1. 一种阵列式波导光栅光波长多路复用器/多路解复器, 用于耦合或分解多个输入光波导所接收的不同波长的光信号, 并分别将所述耦合或分解的光信号输出至多个输出光波导, 包括:

5 一个第一条形波导, 用于分解来自所述输入光波导的输入光信号的功率;

一个阵列式波导光栅, 用于以相邻的波导中的光信号具有恒定相位差的方式传导来自所述第一条形波导的光信号;

10 一个第二条形波导, 用于分解和耦合来自所述阵列式波导光栅的光信号的波长, 并分别将结果光信号输出至所述输出波导; 和

一个锥形波导, 它插在所述第二条形波导和所述输出波导之间, 用于获取平坦的光谱响应且使插入损耗减到最小。

15 2. 根据权利要求 1 的阵列式波导光栅光波长多路复用器/多路解复器, 其特征在于, 所述锥形波导是一个线性锥形波导。

3. 根据权利要求 1 或 2 的阵列式波导光栅光波长多路复用器/多路解复器, 其特征在于, 所述锥形波导具有隔热结构以便防止光信号在传送期间的波导模之间的功率转换。

20 4. 根据权利要求 1 的阵列式波导光栅光波长多路复用器/多路解复器, 其特征在于, 所述锥形波导在所述第二条形波导的输出端处具有多模结构。

5. 根据权利要求 1 的阵列式波导光栅光波长多路复用器/多路解复器, 其特征在于, 所述锥形波导在其与所述输出波导耦合的输出端处具有与所述输出波导相同的尺寸, 以便将所述光信号传导至所述输出波导。

# 说明书

## 具有平坦的光谱响应的低损耗的阵列式波导多路解复用器

5 本发明涉及一种用于一个波长分解多路复用 (WDM) 系统中的光波长多路复用器/多路解复用器, 更具体地, 涉及一种在使插入损耗减到最小的同时能显示平坦的光谱响应特性的光波长多路解复用器。

10 在把波导阵作为衍射光栅的情况下, 采用阵列式波导光栅 (AWG) 的光波长多路复用器/多路解复用器的操作可以定义为采用一个描述使入射光经衍射而得到入射光的分散特性的光栅方程。这种光波长多路复用器/多路解复用器称为 AWG 光波长多路解复用器。

15 这种 AWG 光波长多路解复用器是一种 WDM 系统中所使用的光学器件, 用以耦合不同波长的光信号或将一个光信号分解成不同波长的光信号。入射到一个 AWG 光波长多路解复用器的光在穿过该 AWG 光波长多路解复用器的三个部分时随相位而变化, 即, 第一条形波导、AWG 和第二条形波导。由 AWG 光波长多路解复用器的各部分分别产生的光的相位变化在该 AWG 光波长多路解复用器的最终的输出平面处相加, 从而在最终的输出平面处得到强化的干涉效果。上述的光栅方程是一个依据相位变化之和来推导出在最终的输出平面处得到强化的干涉效果的条件方程。这里, 最终输出平面是带有输出波导的第二条形波导的一个界面。假设, 光入射到多个输入波导中的一个中心波导上, 则上述光栅方程表示如下:

[表达式 1]

$$n_1 d \sin \theta + n_c \Delta L = m \lambda$$

25 其中, “ $n_1$ ” 表示第一和第二条形波导的有效折射率, “ $n_c$ ” 表示 AWG 的有效折射率, “ $d$ ” 表示 AWG 的栅距, “ $m$ ” 为衍射级, “ $\Delta L$ ” 表示 AWG 中相邻两波导间的长度差, 而 “ $\lambda$ ” 为入射光的波长。

表达式 1 中, 中心工作频率  $\lambda_0$  对应 “ $\theta$ ” 为零时的光的波长。中心工作频率  $\lambda_0$  如下定义:

[表达式 2]

$$\lambda_0 = \frac{n_e \Delta L}{m}$$

从表达式 1, 可根据波长的变化推导出光的衍射角变化的方程。在对表达式 1 的两边求关于波长  $\lambda$  的微分后, 导出下面的表达式 3:

[表达式 3]

$$\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{m}{n_s d}$$

参见表达式 3, 可以发现入射光的波长的变化导致光的波前方向的变化。这种光的波前方向的变化导致第二条形波导的成象面上所形成的干涉图形的主波瓣位置的变化。

可采用对第二条形波导的成象面上所形成的干涉图形和连接到第二条形波导的输出波导的模之间的重叠积分推导出该光波长多路解复器的光谱响应。

然而, 由于典型的光波长多路解复器的干涉图形和输出波导模具有一个高斯形状, 因此它们显示出高斯光谱响应。当将显示出这种高斯光谱响应的光波长多路解复器用于一个系统时, 必须精确地控制在作为系统光源的激光二极管中产生的光谱变化。在将这种光波长多路解复器串联连接之处, 相邻的光波长多路解复器之间的光谱响应的通带宽度会减小。这导致系统的安装和维护成本增加的问题。

为了解决上述问题, 各信道的光谱响应应是平坦的。已有两种方法来获得平坦的光谱响应。下面的描述将结合这些方法来进行。

一种方法是调节 AWG 的光路长度。这种方法由已授权给 Corrado Dragone, Lucent Technologies 的美国专利 US5, 467, 418 号公开, 其名称为“用于提供增加了的通带宽度的具有空间滤波光栅的频率路径器件”

(“FREQUENCY ROUTING DEVICE HAVING A SPATIALLY FILTERED OPTICAL GRATING FOR PROVIDING AN INCREASED PASSBAND WIDTH”)。根据这种方法, 入射到第二条形波导的光场分布具有正弦函数的形式。发生在第二条形波导中的衍射现象可视为发生在输出平面的入射光的傅立叶变换。因此, 为了获得平坦的输出分布, 上述方法适用于将入射光的分布调整成具有对应于所需输出的傅立叶逆变换的正弦函数的形式。为了在这种方法中获得这种入

射光的分布, 必须以对应于 AWG 范围的至少一部分中的半波长的长度差的方式来调整 AWG 中的波导长度, 而按其包络线有意地给出损耗。由于这个原因, 便存在着整个器件包括有对应于施于 AWG 的有意损耗的附加插入损耗的缺点。

5 为了获得平坦的光谱响应特性, 另一种方法在耦合至波长多路解复器的第一条形波导的输入波导上添加一个抛物线喇叭波导。这种方法已在由日本的 K. Okamoto, NTT 所提交的专利申请中公开。由 K. Okamoto 等提出的这种方法在 Electronics, 32, pp. 1961-1962, 1996 上的“具有抛物线波导喇叭的平坦光谱响应阵列式波导光栅多路复用器”(“FLAT SPECTRAL RESPONSE  
10 ARRAYED WAVEGUIDE GRATING MULTIPLEXER WITH PARABOLIC WAVEGUIDE HORNS”)中进行了详细的披露。

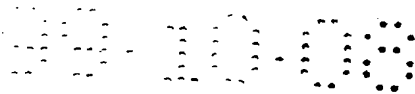
根据这种方法, 抛物线喇叭波导利用了波长解复器的允许第一条形输入平面处的波长模分布可在第二条形波导的输出成象面处进行重建的特性, 的确, 于此使输入波导模分布成为双峰分布, 而采用对该双峰分布进行重叠积分可在输出平面处获得一个平坦的最终的光谱响应。虽然不必给出如在前述  
15 方法所提到的有意损耗, 本方法不可避免地包含了由输出成象面处的双峰图象不与输出波导的本地模相对应而引起的损耗。

从上述描述可以明白, 与包含高斯光谱响应的情况相比, 上述两种惯常的方法不可避免地包含了 2 至 4 分贝 (dB) 的附加损耗, 这是因为它们适用于只改变图象平面处的图象而仍保持输出波导的模的方式。  
20

因此, 本发明已考虑了上述问题, 并且本发明的一个目的是提供一种 AWG 光波长多路解复器, 它采用设置在其第二条形波导和其输出波导之间的锥形波导, 从而能减少损耗。

本发明的另一个目的是提供一种 AWG 光波长多路解复器, 它采用设置在其第二条形波导和其输出波导之间的锥形波导, 从而能显示出平坦的光谱响应。  
25

本发明的另一个目的是提供一种 AWG 光波长多路解复器, 它采用设置在其第二条形波导和输出波导之间的锥形波导, 从而能显示出平坦的光谱响应, 同时消除可能包含在惯常方法中的附加损耗。



本发明的上述目的和优点将通过参照以下附图所详细描述的首选实施例变得更加清晰，其中：

图 1 是根据本发明的一个优选实施例的采用 AWG 的具有平坦的光谱响应的低损耗光波长多路复用器/多路解复用器集成块的放大透视图；

5 图 2 是图 1 所示的 AWG 光波长多路解复用器的图形的放大透视图；

图 3 是根据本发明的一个优选实施例的输出锥形波导的放大图；

图 4a 是惯常的 AWG 光波长多路解复用器中的输出波导的基本本地模场和形成在成象面上的本地场的示意图；

10 图 4b 是在本发明的 AWG 光波长多路解复用器中的输出波导的基本本地模场和形成在成象面上的本地场的示意图；

图 5 是在本发明的 AWG 光波长多路解复用器中的形成在成象面上的干涉图形和输出波导的各模间的重叠积分的示意图；及

图 6 是计算本发明的 AWG 光波长多路解复用器的一个信道的损耗特性的示意图。

15 本发明的优选实施例将参照附图进行详细的描述。应当注意的是，如果对本发明的已知功能或结构的详细描述被视为搞混了本发明的主体的话，则应将其略去。

20 图 1 是根据本发明的一个优选实施例的采用阵列式波导光栅 (AWG) 的具有平坦的光谱响应的低损耗光波长多路复用器/多路解复用器集成块的放大透视图。图 2 是图 1 所示的 AWG 光波长多路解复用器的图形的放大透视图。

25 如图 1 所示，该 AWG 光波长多路复用器/多路解复用器具有一个形成在基片 10 上的波导图形，它是经对基片 10 的进行若干次成图过程而形成的。这里，“波导图形”包括了光信号通过的波导。该 AWG 光波长多路解复用器包括至少一个用于接收不同波长的光信号的输入波导 110、一个用于分解从该输入波导 110 所接收的光的功率的第一条形波导 112、和一个与该第一条形波导 112 的输出端耦合并用于以相邻的波导具有恒定相位差的方式传导从第一条形波导 112 所接收的光信号的 AWG114。该 AWG 光波长多路解复用器还包括一个与该 AWG114 的输出端耦合并用于分解或耦合从该 AWG114 所输出的光信号的波长的第二条形波导 116，以及一个设置在第二条形波导 116 的输出

端和输出波导 118 之间并用于获得平坦的光谱响应的锥形波导(图 2 和 3 所示)。

5 现描述具有上述结构的 AWG 光波长多路解复器的操作过程。至少一个输入波导 110 所接收的光信号通过第一条形波导 113, 然后进入具有多个不同长度的波导的 AWG114 中。这些从 AWG114 输出的光信号分别具有不同的相位。不同相位的光信号再入射到第二条形波导 116, 于此对光信号进行强化和干涉。结果, 光信号以自成象方式聚焦于输出波导 118 的其中之一。结果成象从相关的输出波导 118 输出。

10 现结合图 2 描述根据本发明所述实施例的 AWG 光波长多路解复器的工作原理。

AWG 光波长多路解复器通过一个阵列式波导光栅来实现, 它构置得可根据光波长的变化而改变其波前方向。在这种 AWG 光波长多路解复器中, 根据波长变化在焦平面(或成象面)上的干涉图形的主峰移动的变化的线性分散指数如下表示:

15 [表达式 4]

$$\frac{dx}{d\lambda} = \frac{fm}{n_s d}$$

其中, “f” 表示条形波导的焦距, “m” 为衍射级, “d” 表示 AWG 的栅距, “n<sub>s</sub>” 表示条形波导的有效折射率。

20 根据表达式 4, 将入射到该 AWG 光波长多路解复器的光信号的波长分布立体地聚焦在第二条形波导 216 的成象面上。相应地, 在多个输出波导 218 耦合到成象面的位置, 各波导之间均匀相隔一预定距离, 可实现具有由输出波导 218 的位置所确定的波长间隔的 AWG 光波长多路解复器。

25 从 AWG214 的阵列式波导分别输出的信号在通过第二条形波导 216 时由于夫琅荷费衍射而具有不同的相位。因此, 在成象面上形成一个干涉图形。夫琅荷费衍射以傅立叶变换的形式描述输入光信号和衍射图形之间的关系。因此, 如果已知输入光信号或衍射图形其中之一, 就可利用傅立叶变换或傅立叶逆变换计算出另一个的幅值和相位。

根据本发明, 如图 3 所示, 将一个锥形波导 317 插在第二条形波导和输出波导 318 之间。该锥形波导 317 用于使 AWG 光波长多路解复器获得具有低

损耗的平坦的光谱响应。

现详细描述锥形波导 317。

将锥形波导 317 插在第二条形波导的输出端和输出波导 318 之间。锥形波导 317 是一个具有多个波导模的多模锥形波导。此锥形波导 317 用作输出波导 318 的一个输入端。

为了避免在光信号通过期间波导模之间的功率交换，最好使锥形波导 317 具有绝热的结构。由于该锥形波导 317 增加了入射光的接收角度，从而使光损耗减到最小。

面向第二条形波导的锥形波导 317 的输入端 317a 具有多模结构。另一方面，与输出波导 318 耦合的锥形波导 317 的输出端 317b 具有与输出波导 318 相同的尺寸。

图 4a 是惯常的 AWG 光波长多路解复器中的输出波导的基本本地模场和形成在成象面上的本地场的示意图。参照图 4a，可以发现，根据惯常的 AWG 光波长多路解复器，在成象面上形成一个具有双峰分布的干涉图形。图 4b 是在本发明的 AWG 光波长多路解复器中的输出波导的基本本地模场和形成在成象面上的本地场的示意图。参照图 4b，可以发现，根据本发明的 AWG 光波长多路解复器，在成象面上形成一个具有与输出波导的本地模相同的干涉图形。本发明的 AWG 光波长多路解复器的特征在于，为了获得平坦的光谱响应，与第二条形波导耦合的输出波导的输入端具有一个锥形结构。在图 4a 和 4b 中，横轴表示成象面上所形成的图象的位置。成象面上所形成的图象是从第二条形波导所输出的光的图象。

锥形波导是一个具有多个波导模的多模波导。根据本发明，由于输出波导的波导模宽度足够大，可使焦平面处的干涉图形与锥形波导的基本模之间的模差减到最小。

图 5 是在 AWG 光波长多路解复器中的形成在成象面上的干涉图形和输出波导的各模间的重叠积分的示意图。在图 5 的情况下，将成象面上所形成的一个干涉图形在输出波导处耦合至五个模，即，基本模至第四模。横轴表示归一化的波长。

根据本发明，对于一个多模耦合，在输出波导的输入端即成象面处加入



一个绝热的锥形波导结构。由于这种绝热的锥形波导结构，光信号中除了基本模分量之外的高阶分量在通过该锥形波导时受到截止或被辐射掉。因此，得到具有中心凹陷分布的最终频率响应。这种中心凹陷分布导致各信道的中心波长处的偶数模的耦合功率的截止。这种中心凹陷分布用于增加光谱响应的平坦性。

为了对根据本发明的构置得以获得平坦的光谱响应且将插入的损耗减到最小的 AWG 光波长多路解复器进行评估，设计了一个具有  $1.5\mu\text{m}$  波长通带的 16 信道的 AWG 光波长多路解复器。该 AWG 光波长多路解复器还采用了具有  $6.5\mu\text{m}$  的宽度且其芯与镀金属层之间有 0.75% 的折射率差的信道波导。该 AWG 光波长多路解复器还采用了一个具有  $25.3\mu\text{m}$  的宽度  $W$  (图 3) 且在其输出波导部分处有  $4,800\mu\text{m}$  的长度  $L$  (图 3) 的锥形波导。为了计算 AWG 光波长多路解复器的光谱响应特性，采用了二维光束传播的方法。

图 6 是计算根据本发明所构造的上述 AWG 光波长多路解复器的光谱响应特性的示意图。如图 6 所示，本发明的 AWG 光波长多路解复器显示出一个 1.16dB 的插入损耗和一个 72.3GHz 的 3dB 传输频带宽。虽然没有考虑到由于与最终的光纤耦合所引起的损耗和由于弯曲的波导所引起的损耗，但与惯常的方法相比，本发明的 AWG 光波长多路解复器展现出在插入损耗方面的相当大的改进。

不必将锥形波导的尺寸限制成上述特定的尺寸。根据本发明，可分别采用具有不同尺寸的各种锥形波导来实现各种 AWG 光波长多路解复器。

已参照具体的实施例详细描述了本发明，它们仅仅是示范性的应用。因而，可以清楚地了解到，本领域技术人员可在本发明的精神和范围内进行许多变更。

如上述描述所见，本发明提供一个 AWG 光波长多路解复器，它采用设置在其第二条形波导和其输出波导间的锥形波导，从而可实现损耗的减少。在制造过程中可将本发明的锥形波导无任何问题地应用到现有光学器件上。

说明书附图

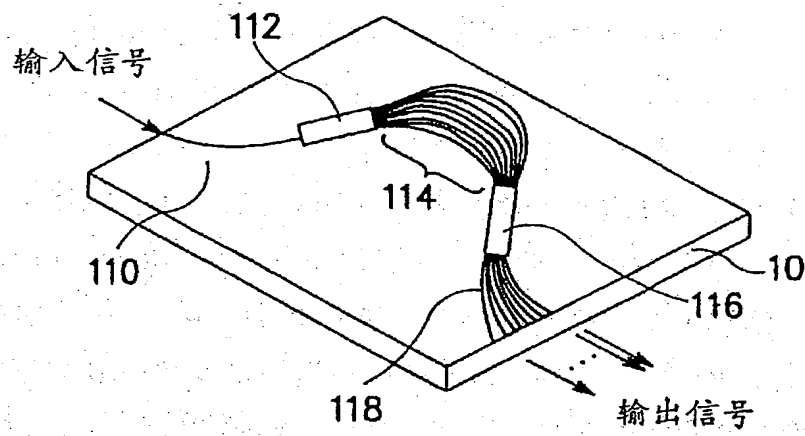


图 1

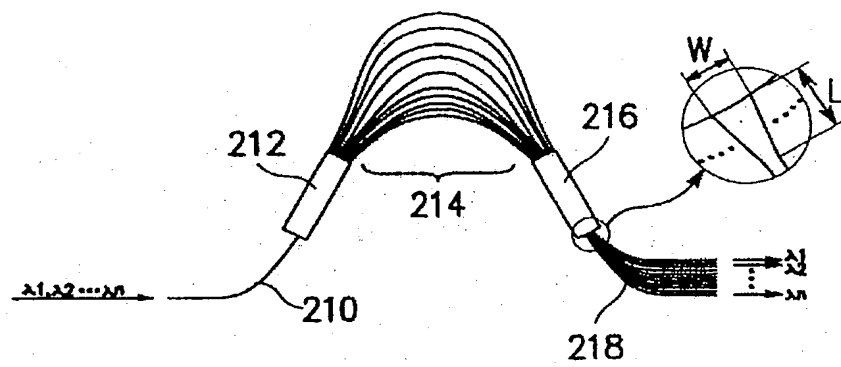


图 2

99-10-08

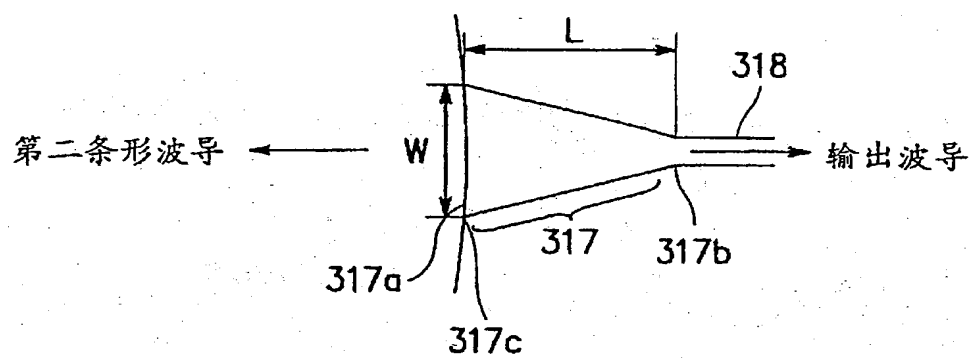


图 3

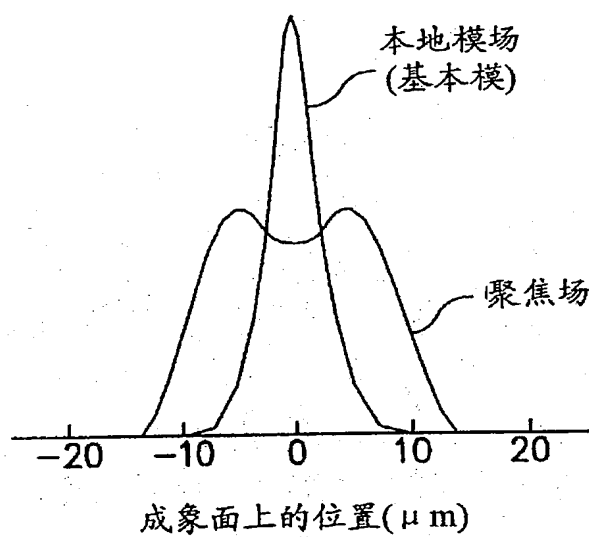


图 4A

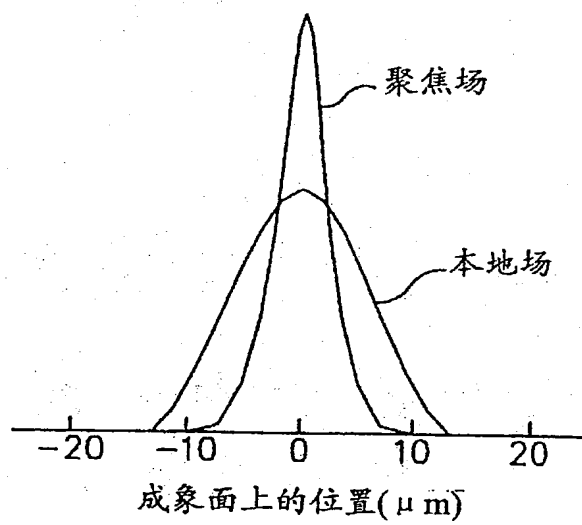


图 4B

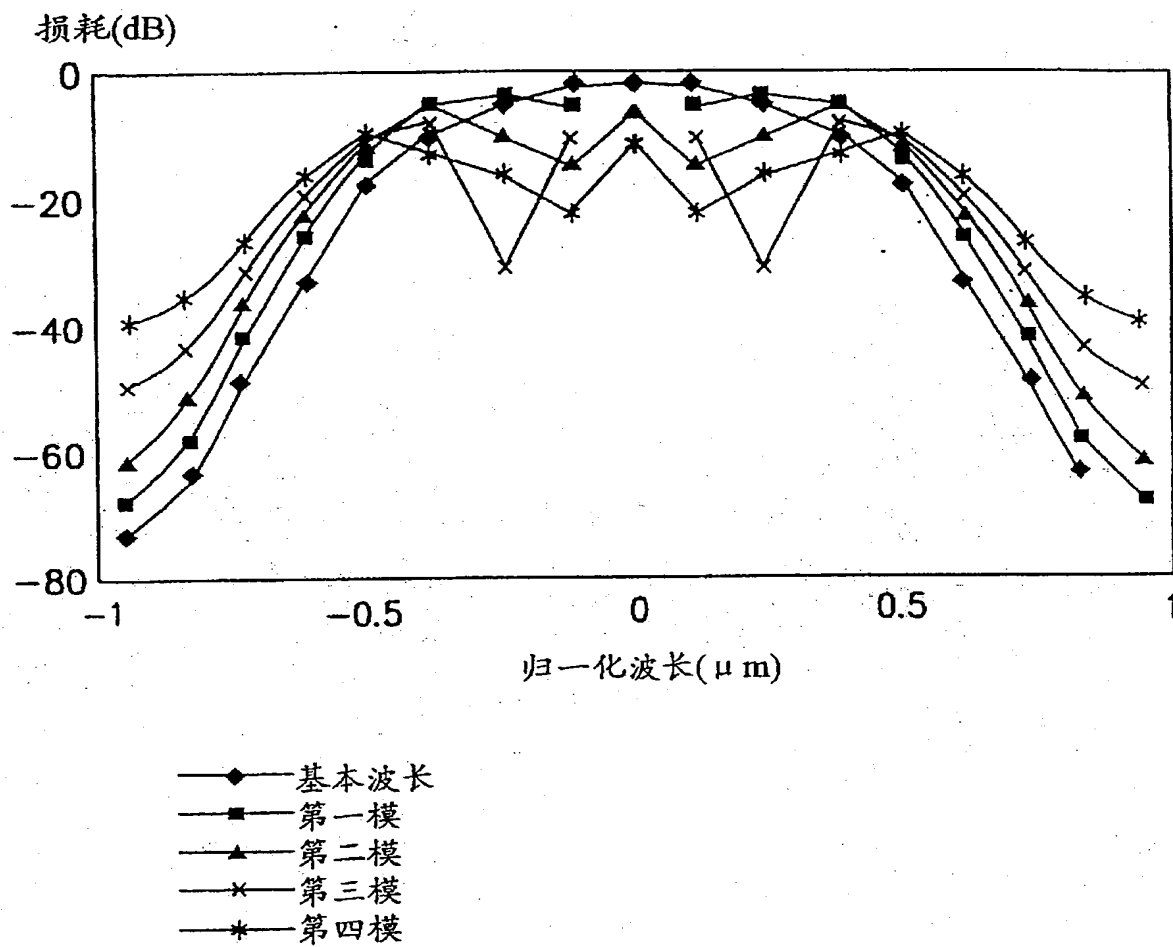


图 5

99.10.08

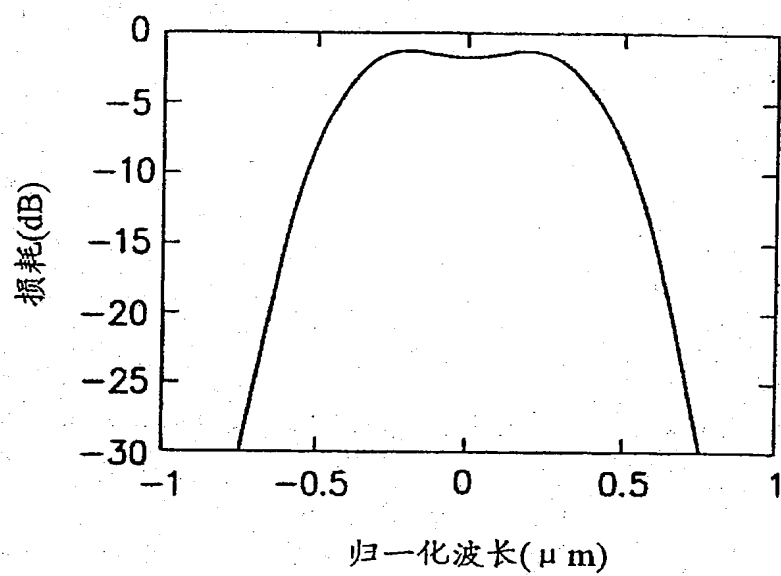


图 6